

# Le réseau FlexRay

## Comparaison avec TTP/C

Nicolas NAVET

INRIA Lorraine - projet TRIO

<http://www.loria.fr/~nnavet>

Certaines images de cet exposé proviennent de :

- [1] Slides FlexRay Workshop 2002/2003

# Plan de l'exposé

---

1. Présentation du protocole de niveau Medium Access Control de FlexRay
2. Comparatif des services / fonctionnalités liées à la Sûreté de Fonctionnement entre FlexRay et TTP/C

# FLEXRAY

---

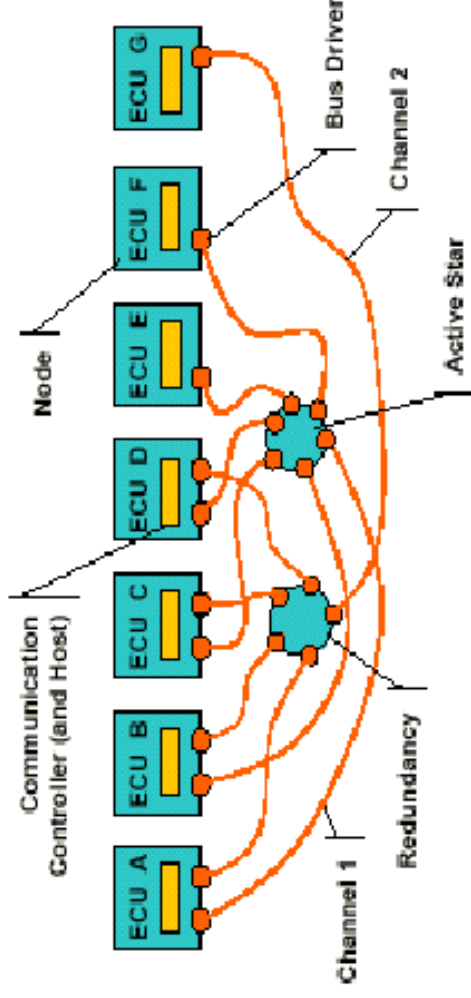
- Développé par un consortium issu de l'automobile (BMW, DC, Bosch, GM, Motorola, Philips)
- Spécification en cours et non publique...
- Objectif : répondre aux besoins nouveaux des applications des domaines **châssis et propulsion**
- Caractéristiques techniques :
  - concilie communication **Time-Triggered** et **Event-Triggered**
  - prise en compte des **besoins spécifiques** de l'automobile
  - spécifie essentiellement les **services de niveau MAC** (cf. CAN) – services pour la SdF laissés à des couches supérieures

⇒ un autre candidat pour le X-By-Wire ..

# Topologie du réseau / couche physique

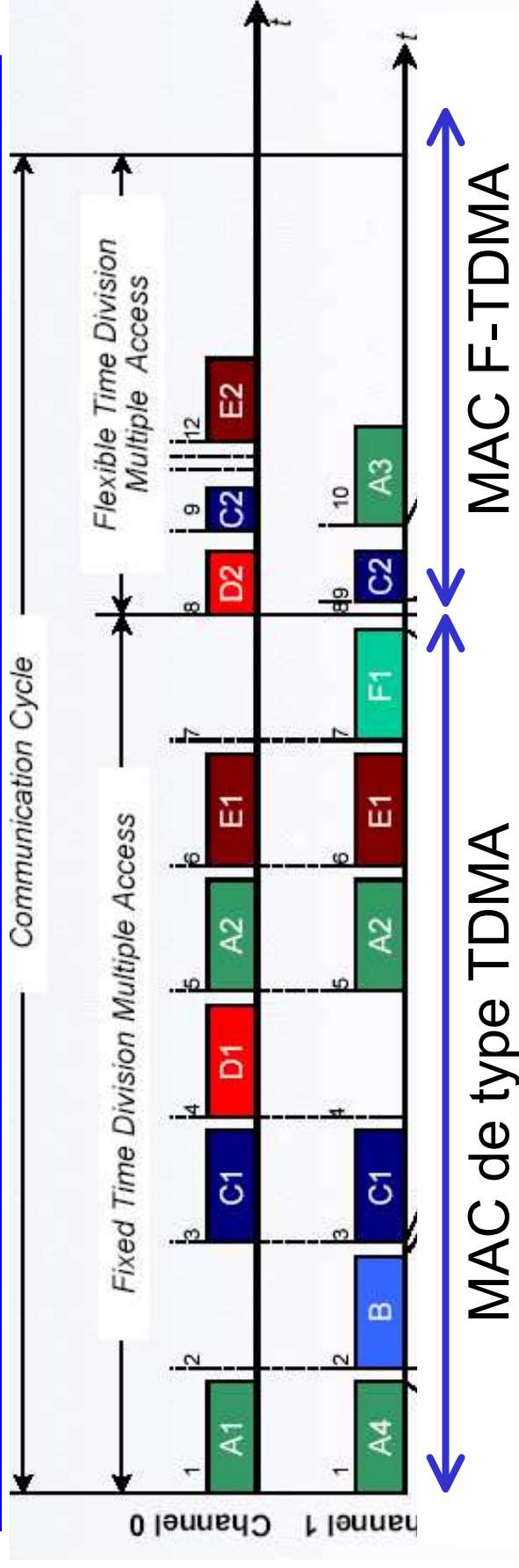
---

- Bus simple ou redondant – possibilité d'être connecté sur un seul des supports physiques ( $\neq$ TTP/C)
- Bus ou étoile(s) ( $=$ TTP/C)



- Couche physique optique ou électrique ( $=$ TTP/C)
- Débit : entre 500kbit/s et 10Mbit/s ( $<$ TTP/C)

# Présentation du MAC



- Le cycle de communication est activé périodiquement, sa durée est inférieure à 64ms
- 3 modes de fonctionnement: **statique pure, dynamique pure, mixte statique/dynamique**
- **Format des trames:** identificateur de 12 bits, au plus 254 octets de données et 35 bits de CRC (≠TTP/C, format précis non-spécifié mais pas d'identificateur)

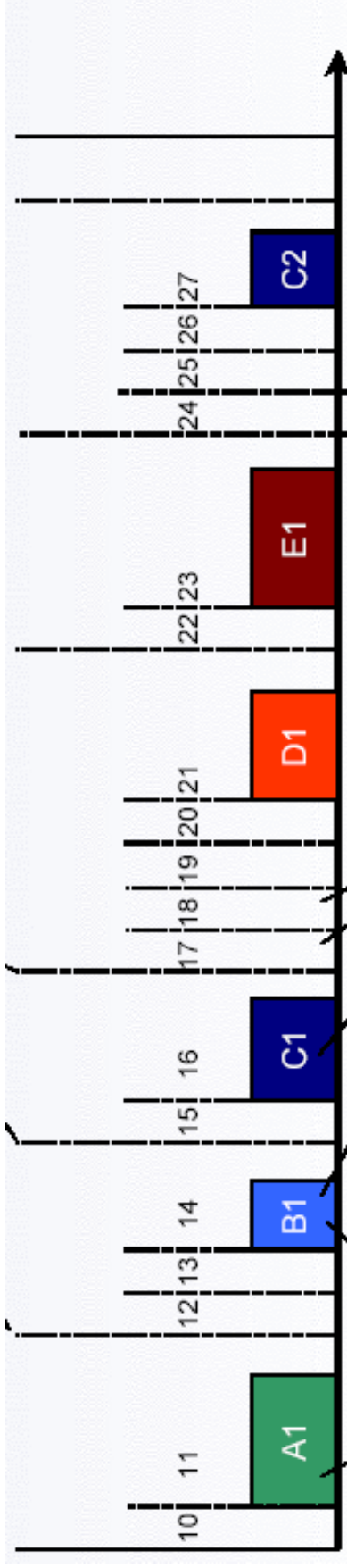
# Segment statique (TDMA)

---

- Les slots ont tous la même taille définie en fonction de la taille max d'une trame ( $\neq TTP/C$ )
- Une même station peut obtenir plusieurs slots par segment statique (jusque 16,  $\neq TTP/C$ )
- Un seul segment statique ( $\neq TTP/C$ )
- Au plus 4095 slots dans le segment statique ( $\neq TTP/C$ )
- Existence d'un gardien de bus ( $= TTP/C$ )
- Les nodes sont informées du «MEDL» au startup ( $\neq TTP/C$ )
- Des slots peuvent être laissés libres pour des extensions futures ( $= TTP/C$ )

# Segment dynamique (F-TDMA) 1/2

---



- Chaque station possède un ou des identificateurs uniques sur l'ensemble du système (=CAN)
- A chaque identificateur est assigné un intervalle de temps (**mini-slot**) dans lequel la transmission de la trame correspondante peut commencer
- Les intervalles sont alloués dans l'ordre des identificateurs

# Segment dynamique (F-TDMA) 2/2

---

- Si redondance des canaux, les choix de transmettre ou non peuvent être différents sur chacun des canaux
- Des transmissions successives d'une trame de même identificateur peuvent être de tailles différentes
- Pas de retransmission si erreur ( $\neq$  CAN)
- Le segment dynamique se termine après une durée prédéterminée même si toutes les trames ne sont pas transmises
- Pas de gardien de bus dans le segment dynamique

➤ Sous certaines hypothèses sur le trafic, il est possible de calculer des pires temps de réponse (= CAN)



# Conclusions sur le MAC

---

- Meilleure utilisation de la bande passante que TTP/C d'où des débits moins élevés et des CPUs moins coûteux
- Réutilisation aisée d'applications Event-Triggered développées sur CAN
- Services spécifiques à l'automobile comme l'endormissement et le réveil des stations
- Grande flexibilité !

FlexRay	TTP/C
Redondance partiel au niveau médium	Changements de mode de marche
Trafic dynamique	Utiliser une partie des données pour du trafic dynamique
Formation des rounds	

# **Caractéristiques / Services influant sur la Sûreté de Fonctionnement**

Analyse des protocoles selon le modèle:

- Couche physique
- Couche Liaison de Données
- Couche Application

# Niveau Couche Physique

---

- **Support de transmission** : robustesse aux EMI, résistance aux torsions ...
  - rien n'est imposé par les 2 protocoles
- **Redondance des canaux**
  - TTP/C: redondance sur tout le réseau, FlexRay : redondance partielle possible
- **Topologie** : bus, étoile ou multi-étoiles
  - grande souplesse pour les 2 protocoles
- **Technique de codage**
  - Dans TTP/C v1.0 rien n'est imposé, NRZ pour FlexRay

# Niveau Liaison de Données (1/2)

- Détection d'erreurs de transmission / correction d'erreurs
  - CRC avec distance de Hamming de 6 pour les 2 protocoles
- Retransmission automatique en cas d'erreur de transmission
  - non pour les 2 protocoles (!= CAN), possibilité d'utiliser la partie dynamique pour FlexRay
- Détection d'erreurs protocolaires : erreur de communication, de synchronisation, de l'application
  - oui pour les 2 protocoles mais bien + efficace pour TTP/C car signalement d'erreurs par les autres stations

# Niveau Liaison de Données (2/2)

---

- Temps de réponse / gigue connues
  - oui pour les 2 protocoles
- Acquittement des données
  - TTP/C : oui - différé d'un round au plus
  - FlexRay : rien de prévu - pb des fautes byzantines !
- Gardien de bus: respect des caractéristiques d'émission en particulier évitement des «babbling idiots»
  - oui pour les 2 protocoles (seulement dans la partie statique pour FlexRay)

# Niveau Couche Application (1/2)

---

- Synchronisation sur une horloge globale
  - oui pour les 2 protocoles
- Support des changements de mode de marche
  - TTP/C oui, rien de prévu pour FlexRay
- Gestion des modes de veille
  - TTP/C non, FlexRay oui
- Support de la redondance calculateur
  - TTP/C oui , FlexRay non mais possible partiellement sans mécanismes particuliers

# Niveau Couche Application (2/2)

---

- Connaissance de la vivacité des stations
  - TTP/C oui avec le vecteur de Membership mais des stations vivantes peuvent être exclues temporairement
  - FlexRay non
- Evitement de cliques (= ensembles de stations ayant une vision  $\neq$  des stations qui fonctionnent correctement)
  - TTP/C oui mais règle de la majorité
  - FlexRay non
- Services a priori importants pour l'automobile - par exemple pour une fonction de correction trajectoire distribuée (compensation en cas d'absence d'un ou plusieurs freins).

# Conclusions – TTP/C vs FlexRay

---

## ■ TTP/C :

- + **Nombreux services pour la SdF** (mode de marche, redondance, membership, clique avoidance,...)
- + **Visiblement conçu pour la certification**
- **Comportement en dehors des hypothèses de fautes !?** Les hypothèses faites (au plus une faute tous les 2 rounds) sont-elles les bonnes pour l'automobile ??
- **Flexibilité / incrémentalité faible**

## ■ FlexRay :

- + **Conçu spécifiquement pour l'automobile** (nécessité de CPU moins puissants que TTP/C, réutilisation soft. développé pour CAN, mode veille,...)
- + **Flexibilité**
- **Délibérément peu de fonctionnalités liées à la SdF** (redondance, membership) – pb: implémentation moins efficace au dessus de la couche LdD
- **Validation du protocole !**



# Références

---

- B. Gaujal, N. Navet, *Maximizing the Robustness of TDMA Networks with applications to TTP/C*, INRIA RR-4614, 2002. Disponible à l'adresse <http://www.loria.fr/~nnavet>
- TTA Group, *TTP/C specification v1.1*, Novembre 2003.
- Présentations effectuées lors du FlexRay Workshop 2002 et 2003. Disponible sur le site <http://www.flexray.com>
- J.Rusby, *A comparison of Bus Architectures for Safety Critical Embedded Systems*, NASA-CR-2003-212161, 2003.